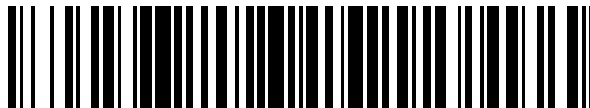


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 690 156**

51 Int. Cl.:

F01C 1/22	(2006.01)
F01C 11/00	(2006.01)
F02C 6/12	(2006.01)
F02C 6/20	(2006.01)
F02B 37/00	(2006.01)
F02B 53/04	(2006.01)
F01D 1/02	(2006.01)
F02B 39/02	(2006.01)
F02C 5/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2016 E 16174872 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.08.2018 EP 3106609**

54 Título: **Montaje de motores compuesto con boquilla de tubo de escape**

30 Prioridad:

16.06.2015 US 201514740889

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.11.2018

73 Titular/es:

**PRATT & WHITNEY CANADA CORP. (100.0%)
1000 Marie-Victorin (01BE5)
Longueuil, Québec J4G 1A1, CA**

72 Inventor/es:

**JULIEN, ANDRE;
DUSSAULT, SERGE;
BILODEAU, JADE y
BESNER, RENAUD**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 690 156 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Montaje de motores compuesto con boquilla de tubo de escape.

Campo técnico

5 La presente solicitud se refiere, en general, a montajes de motores compuestos y, más particularmente, a tales montajes de motores compuestos que incluyen uno o más motores de combustión interna rotativos.

Antecedentes de la técnica

10 Son conocidos los montajes de motores compuestos que incluyen una turbina de impulsión con una zona central de motores alternativos e incluyen típicamente tubos de escape largos, con un volumen de tubo relativamente alto que es suficiente para mantener la presión de los pulsos de escape a un nivel aceptable correspondiente a una velocidad de flujo aceptable en la conexión con la turbina de impulsión. Sin embargo, tubos de escape más largos conducen típicamente a mayores pérdidas de potencia procedentes de los pulsos de escape y, por consiguiente, a menos recuperación en la turbina compuesta.

15 El documento EP 2687675 A2 describe un motor de ciclo compuesto que tiene al menos una unidad rotativa que define un motor de combustión interna, una turbina de velocidad próxima a cada unidad y un turbocompresor. La lumbrera de escape de cada unidad rotativa está en comunicación de fluido con la trayectoria de flujo de la turbina de velocidad aguas arriba de su rotor. Los rotores de la turbina de velocidad y de cada unidad rotativa accionan una carga común. La salida del compresor del turbocompresor está en comunicación de fluido con la lumbrera de entrada de cada unidad rotativa, y la entrada de la turbina de presión del turbocompresor está en comunicación de fluido con la trayectoria de flujo de la turbina de velocidad aguas abajo de su rotor.

20 Compendio

25 En un aspecto, se proporciona un montaje de motores compuesto, que comprende: una zona central de motores que incluye al menos un motor de combustión interna, en donde cada motor de combustión interna define una cavidad interna e incluye un rotor recibido de manera selladora y rotatoria dentro de la cavidad interna para proporcionar cámaras rotatorias de volumen variable en la cavidad interna, variando el volumen de cada una de las cámaras rotatorias entre un volumen mínimo y un volumen máximo, con una diferencia entre los volúmenes máximo y mínimo que define un volumen de desplazamiento V_d , teniendo cada motor de combustión interna una lumbrera de entrada y una lumbrera de escape en comunicación con la cavidad interna; una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25, incluyendo la turbina un rotor que incluye una agrupación circunferencial de álabes de rotor que se extiende a través de una trayectoria de flujo; y un tubo de escape para cada motor de combustión interna, teniendo cada tubo de escape un volumen de tubo V_p , proporcionando cada tubo de escape una comunicación de fluido entre la lumbrera de escape de uno respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna y la trayectoria de flujo de la turbina, terminando cada tubo de escape en una boquilla que se comunica con una parte de la trayectoria de flujo situada aguas arriba de los álabes de rotor; en donde, para cada tubo de escape, el cociente V_p/V_d entre el volumen de tubo V_p y el volumen de desplazamiento V_d del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna es como máximo 1,5; y en donde el valor mínimo de un área en corte transversal de cada tubo de escape está definido en la boquilla.

35 En otro aspecto, se proporciona un montaje de motores compuesto, que comprende: una zona central de motores que incluye al menos un motor de combustión interna, en donde cada motor de combustión interna define una cavidad interna e incluye un rotor recibido de manera selladora y rotatoria dentro de la cavidad interna para proporcionar cámaras rotatorias de volumen variable en la cavidad interna, teniendo cada motor de combustión interna una lumbrera de entrada y una lumbrera de escape en comunicación con la cavidad interna, teniendo cada lumbrera de escape un área en corte transversal A_e ; una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25, incluyendo la turbina un rotor que tiene una agrupación circunferencial de álabes de rotor que se extiende a través de una trayectoria de flujo; y un tubo de escape para cada motor de combustión interna, proporcionando cada tubo de escape una comunicación de fluido entre la lumbrera de escape de uno respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna y la trayectoria de flujo de la turbina, terminando cada tubo de escape en una boquilla que se comunica con una parte de la trayectoria de flujo situada aguas arriba de los álabes de rotor; en donde, para cada tubo de escape, la boquilla incluye una parte de área en corte transversal reducida con respecto al resto del tubo de escape, definiendo la boquilla un área en corte transversal mínima A_n del tubo de escape; y en donde, para cada tubo de escape, el cociente A_n/A_e entre el área en corte transversal mínima A_n y el área en corte transversal A_e de la lumbrera de escape del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna es como mínimo 0,2.

50 En un aspecto adicional, se proporciona un método para componer al menos un motor rotativo, comprendiendo el método: disponer una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25; acoplar de modo accionador cada motor rotativo y la turbina a una carga común; hacer circular gas de escape desde una lumbrera de escape de cada motor rotativo a través de una primera parte de un tubo de escape respectivo que tiene una primera área en corte transversal y, a continuación, a través de una boquilla del tubo de escape respectivo que tiene una segunda área en corte transversal menor que la

primera área en corte transversal; y hacer circular el gas de escape desde la boquilla hasta una entrada de la turbina, que incluye dirigir el gas de escape a los álabes de un rotor de la turbina.

Descripción de los dibujos

Se hace referencia a continuación a las figuras que se acompañan, en las que:

- 5 la figura 1 es un diagrama de bloques de un montaje de motores compuesto, según una realización particular;
- la figura 2 es una vista en corte transversal de un motor Wankel que se puede usar en un montaje de motores compuesto tal como se muestra en la figura 1, según una realización particular;
- la figura 3 es una representación esquemática de parte del montaje de motores compuesto de la figura 1, según una realización particular;
- 10 la figura 4 es una gráfica esquemática de la variación de presión con respecto al ángulo del cigüeñal, para un motor compuesto que incluye tubos de escape con un área en corte transversal constante y para un motor compuesto que incluye tubos de escape con boquillas, según una realización particular; y
- 15 la figura 5 es una gráfica esquemática de la variación de la velocidad de flujo con respecto al ángulo del cigüeñal, para el motor compuesto que incluye tubos de escape con un área en corte transversal constante y para el motor compuesto que incluye tubos de escape con boquillas.

Descripción detallada

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra esquemáticamente un montaje de motores compuesto 10. El montaje de motores compuesto 10 incluye una zona central de motores con uno o más motores de combustión interna 12. El motor o motores centrales 12 accionan una carga común. En la realización mostrada, la carga común incluye un árbol de salida 16 que puede, por ejemplo, estar conectado a un propulsor a través de una caja de cambios reductora (no mostrada) y a la que está acoplado cada motor central 12. Otras posibles cargas comunes pueden incluir, pero no están limitadas a uno o más rotores del compresor y/o el ventilador, generadores eléctricos, accesorios, mástiles del rotor, o cualquier otro tipo de carga o combinación de los mismos.

En una realización particular, el montaje de motores compuesto 10 incluye también un turbocompresor 18, que incluye un compresor 20 y una segunda turbina de expansión 22 que están interconectados de modo accionador por un árbol 24. En una realización particular, la segunda turbina de expansión 22 es una turbina de presión, conocida también como turbina de reacción. Cada uno del compresor 20 y la segunda turbina de expansión 22 puede ser un dispositivo de expansión simple o un dispositivo de expansión múltiple, con un único eje dividido en múltiples árboles independientes en paralelo o en serie, y puede ser un dispositivo centrífugo o axial. El compresor 20 del turbocompresor 18 comprime el aire antes de que entre en el motor o motores centrales 12. Cada uno del compresor 20 y la segunda turbina de expansión 22 puede incluir uno o más rotores, con álabes de flujo radial, axial o mezclado.

En la realización mostrada, el árbol 24 del turbocompresor 18 gira independientemente de la carga común. El árbol 24 del turbocompresor puede extenderse a lo largo de un eje diferente que el del árbol de salida 16, por ejemplo transversal al árbol de salida 16, o puede estar definido coaxialmente con el árbol de salida 16; el árbol del turbocompresor y el árbol de salida 16 pueden estar unidos para girar juntos, por ejemplo a través de una transmisión, o pueden girar independientemente entre sí.

Alternativamente, puede omitirse el turbocompresor 18.

Cada motor central 12 proporciona un flujo de escape en forma de pulsos de escape. El flujo de escape desde los motores centrales 12 se suministra a una turbina de expansión compuesta o primera 26 en comunicación de fluido con los mismos, que acciona también la carga común. La primera turbina de expansión 26 está configurada como una turbina de tipo velocidad, conocida también como turbina de impulsión, y podría ser una turbina de flujo axial, radial o mezclado.

Una turbina de impulsión pura trabaja cambiando la dirección del flujo, sin acelerar dicho flujo en el interior del rotor; el fluido se desvía sin una caída de presión significativa a través de los álabes de rotor. Los álabes de la turbina de impulsión pura están diseñados de manera que, en un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo, el área definida entre los álabes es la misma en los bordes delanteros de los álabes y en los bordes traseros del álabe: el área de flujo de la turbina es constante, y los álabes son usualmente simétricos respecto al plano del disco rotatorio. El trabajo de la turbina de impulsión pura se debe solamente al cambio de dirección en el flujo a través de los álabes de turbina. Las turbinas de impulsión pura típicas incluyen turbinas de vapor e hidráulicas.

En contraste a esto, una turbina de reacción acelera el flujo en el interior del rotor, pero necesita una caída de presión estática a través del rotor para permitir esta aceleración de flujo. Los álabes de la turbina de reacción están diseñados de manera que, en un plano transversal perpendicular a la dirección del flujo, el área definida entre los álabes es mayor en los bordes delanteros de los álabes que en los bordes traseros del álabe: el área de flujo de la

turbina se reduce a lo largo de la dirección del flujo, y los álabes son usualmente no simétricos respecto al plano del disco rotatorio. El trabajo de la turbina de reacción pura se debe principalmente a la aceleración del flujo a través de los álabes de turbina.

5 La mayoría de las turbinas aeronáuticas no son “de impulsión pura” o “de reacción pura”, sino más bien funcionan siguiendo una mezcla de estos dos principios opuestos, pero complementarios, es decir, hay una caída de presión a través de los álabes, hay algo de reducción del área de flujo de los álabes de turbina a lo largo de la dirección del flujo y la velocidad de rotación de la turbina se debe tanto a la aceleración como al cambio de dirección del flujo. El grado de reacción de una turbina se puede determinar usando el coeficiente de reacción basado en la temperatura (ecuación 1) o el coeficiente de reacción basado en la presión (ecuación 2), que tienen típicamente valores próximos entre sí para una misma turbina:
10

$$(1)\text{Reacción}(T) = \frac{(t_{s3} - t_{s5})}{(t_{s0} - t_{s5})}$$

$$(2)\text{Reacción}(P) = \frac{(P_{s3} - P_{s5})}{(P_{s0} - P_{s5})}$$

15 donde T es temperatura y P es presión, s hace referencia a una lumbrera estática y los números hacen referencia al lugar en el que se mide la temperatura o la presión: 0 para la entrada del álabes de turbina (estátor), 3 para la entrada del álabes de turbina (rotor) y 5 para la salida del álabes de turbina (rotor); y donde una turbina de impulsión pura tendría un coeficiente de 0 (0%) y una turbina de reacción pura tendría un coeficiente de 1 (100%).

Las turbinas aeronáuticas denominadas turbinas de impulsión tienen típicamente un coeficiente de reacción de 0,25 (25% de reacción) o menor, aunque son posibles también otros valores.

20 En una realización particular, la primera turbina de expansión 26 está configurada para beneficiarse de la energía cinética del flujo pulsatorio que sale del motor o motores centrales 12 mientras se estabiliza el flujo y la segunda turbina de expansión 22 está configurada para extraer energía de la presión restante en el flujo. Por consiguiente, la primera turbina de expansión 26 tiene un coeficiente de reacción menor (es decir, un valor menor) que el de la segunda turbina de expansión 22.

25 En una realización particular, la segunda turbina de expansión 22 tiene un coeficiente de reacción mayor que 0,25; en otra realización particular, la segunda turbina de expansión 22 tiene un coeficiente de reacción mayor que 0,3; en otra realización particular, la segunda turbina de expansión 22 tiene un coeficiente de reacción de aproximadamente 0,5; en otra realización particular, la segunda turbina de expansión 22 tiene un coeficiente de reacción mayor que 0,5.

30 En una realización particular, la primera turbina de expansión 26 tiene un coeficiente de reacción como máximo de 0,2; en otra realización particular, la primera turbina de expansión 26 tiene un coeficiente de reacción como máximo de 0,15; en otra realización particular, la primera turbina de expansión 26 tiene un coeficiente de reacción como máximo de 0,1; en otra realización particular, la primera turbina de expansión 26 tiene un coeficiente de reacción como máximo de 0,05.

35 Se entiende que cualquiera de los coeficientes de reacción anteriormente mencionados para la segunda turbina de expansión 22 se puede combinar con cualquiera de los coeficientes de reacción anteriormente mencionados para la primera turbina de expansión 26 y que estos coeficientes pueden estar basados en la presión o basados en la temperatura. Son posibles también otros valores.

40 En la realización mostrada, la primera turbina de expansión 26 está conectada al árbol de salida 16 a través de un tipo apropiado de transmisión 28, por ejemplo un sistema de engranajes planetarios, epicicloidales, desplazados o cónicos. La salida de la primera turbina de expansión 26 está en comunicación de fluido con una entrada de la segunda turbina de expansión 22. La segunda turbina de expansión 22 extrae energía del gas de escape que sale de la primera turbina de expansión 26 para accionar el compresor 20 mediante el árbol de conexión 24.

45 Aunque no se muestra, el aire puede circular opcionalmente a través de un dispositivo enfriador intermedio entre el compresor 20 y el motor o motores centrales 12, y el primer montaje de motores de expansión 10 incluye también un sistema de enfriamiento, que incluye, por ejemplo, un sistema de circulación de un refrigerante (p. ej., agua-etileno, aceite, aire) para enfriar la carcasa de cada motor central 12, un refrigerante hidráulico para las partes mecánicas internas del motor o motores centrales 12, uno o más intercambiadores de calor por refrigerante, etc.

50 El inyector o inyectores de combustible de cada motor central 12, que son, en una realización particular, inyectores de combustible por colector común, se comunican con una fuente 30 de combustible pesado (p. ej., diésel, queroseno (combustible para reactores), biocombustible equivalente), y suministran el combustible pesado al interior

del motor o motores centrales 12 de manera que la cámara de combustión está estratificada con una mezcla rica de combustible-aire cerca de la fuente de ignición y una mezcla más pobre en otros lugares.

5 En una realización particular, cada motor central 12 es un motor de combustión interna rotativo que tiene un rotor acoplado de manera selladora en una carcasa respectiva. En una realización particular, el motor o motores rotativos son motores Wankel. Haciendo referencia a la figura 2, se muestra una realización a modo de ejemplo de un motor Wankel; se entiende que la configuración del motor o motores centrales 12 utilizada en el montaje de motores compuesto 10, p. ej., la colocación de lumbreras, el número y la colocación de sellados, etc., puede variar respecto a la de la realización mostrada. Además, se entiende que cada motor central 12 puede ser cualquier otro tipo de motor de combustión interna que incluye, pero no está limitado a cualquier otro tipo de motor rotativo.

10 Como se muestra en la figura 2, cada motor Wankel comprende una carcasa 32 que define una cavidad interna con un perfil que define dos lóbulos, que es preferiblemente un epitrocoide. Un rotor 34 está recibido dentro de la cavidad interna. El rotor define tres partes de vértice 36 circunferencialmente separadas y un perfil generalmente triangular con lados arqueados hacia fuera. Las partes de vértice 36 están en acoplamiento de sellado con la superficie interior de una pared periférica 38 de la carcasa 32 para formar tres cámaras de trabajo 40 entre el rotor 15 34 y la carcasa 32.

El rotor 34 está acoplado a una parte excéntrica 42 del árbol de salida 16 para realizar revoluciones orbitales dentro de la cavidad interna. El árbol de salida 16 realiza tres rotaciones para cada revolución orbital del rotor 34. El eje geométrico 44 del rotor 34 está desplazado respecto al eje 46 de la carcasa 32 y es paralelo al mismo. Durante cada 20 revolución orbital, cada cámara 40 varía de volumen y se mueve alrededor de la cavidad interna para recibir las cuatro fases de admisión, compresión, expansión y escape. La diferencia entre los volúmenes máximo y mínimo de cada cámara 40 durante las revoluciones del rotor 34 define un volumen de desplazamiento Vd del motor.

Una lumbrera de admisión 48 está dispuesta a través de la pared periférica 38 para admitir sucesivamente aire comprimido al interior de cada cámara de trabajo 40. Una lumbrera de escape 50 está dispuesta también a través de la pared periférica 38 para descargar sucesivamente los gases de escape desde cada cámara de trabajo 40. Unos 25 pasos 52 para una bujía de incandescencia, una bujía de chispa u otro elemento de ignición, así como para uno o más inyectores de combustible (no mostrados), están dispuestos también a través de la pared periférica 38. Alternativamente, la lumbrera de admisión 48, la lumbrera de escape 50 y/o los pasos 52 pueden estar dispuestos a través de una pared extrema o lateral 54 de la carcasa; y/o el elemento de ignición y un inyector de combustible auxiliar pueden comunicarse con una subcámara auxiliar (no mostrada) definida en la carcasa 32 y que se comunica 30 con la cavidad interna para proporcionar una inyección auxiliar. La subcámara auxiliar puede estar definida, por ejemplo, en un inserto (no mostrado) recibido en la pared periférica 38.

Para un funcionamiento eficiente, las cámaras de trabajo 40 están selladas, por ejemplo mediante sellados de vértice 56 cargados por resorte que se extienden desde el rotor 34 para acoplarse a la pared periférica 38, sellados 35 frontales o de gas 58 cargados por resorte y sellados extremos o de esquina 60 que se extienden desde el rotor 34 para acoplarse a las paredes extremas 54. El rotor 34 incluye también al menos un anillo de sellado hidráulico 62 cargado por resorte que está empujado contra la pared extrema 54 alrededor del cojinete para el rotor 34 sobre la parte excéntrica 42 del árbol.

Cada motor Wankel proporciona un flujo de escape en forma de un pulso de escape relativamente largo; por ejemplo, en una realización particular, cada motor Wankel tiene una explosión por cada 360° de rotación del árbol de salida, con la lumbrera de escape permaneciendo abierta durante aproximadamente 270° de esa rotación, proporcionando así un ciclo de trabajo de pulsos de aproximadamente el 75%. En contraste con esto, un pistón de un motor de pistones alternativo de cuatro tiempos tiene típicamente una explosión por cada 720° de rotación del árbol de salida, con la lumbrera de escape permaneciendo abierta durante aproximadamente 180° de esa rotación, proporcionando así un ciclo de trabajo de pulsos del 25%.

45 En una realización particular que puede ser adecuada de modo concreto, pero no exclusivo, para baja altitud, cada motor Wankel tiene un coeficiente de expansión volumétrica de 5 a 9, y un coeficiente de compresión volumétrica menor que el coeficiente de expansión volumétrica. La recuperación de potencia de la primera turbina de expansión 26 se puede maximizar teniendo las temperaturas de los gases de escape en el límite de los materiales, y es adecuada, como tal, para dichos coeficientes de compresión volumétrica relativamente bajos, que pueden ayudar a 50 aumentar la densidad de potencia del motor Wankel y pueden mejorar también la combustión a alta velocidad y de combustible pesado.

Haciendo referencia a la figura 3, en una realización particular, el montaje de motores compuesto 10 incluye dos (2) 55 motores centrales 12 en forma de motores Wankel, por ejemplo tal como se muestra en la figura 2, estando las dos partes excéntricas 42 del árbol de salida 16 angularmente desplazadas a 180° entre sí para equilibrar el montaje de motores compuesto 10. En otras realizaciones, pueden estar dispuestos más o menos motores centrales 12; por ejemplo, en otra realización particular, la zona central incluye cuatro (4) motores Wankel.

En la realización mostrada, la transmisión 28 de la primera turbina de expansión 26 incluye un engranaje central 76 fijado sobre el árbol del rotor de la primera turbina de expansión 26 y una agrupación de engranajes planetarios 78

engranados con el engranaje central 76. Los engranajes planetarios 78 están montados en un soporte rotatorio que está acoplado de modo accionador al árbol de salida 16. Los engranajes planetarios 78 están engranados con una corona dentada 79 estacionaria. En otra realización, los engranajes planetarios 78 están montados en un soporte estacionario y están engranados con una corona dentada acoplada de modo accionador al árbol de salida 16. El coeficiente de reducción de velocidad de la transmisión 28 se puede seleccionar para optimizar el funcionamiento de la primera turbina de expansión 26 y de los motores centrales 12. Son posibles también otras configuraciones. Por ejemplo, la primera turbina de expansión 26 puede estar montada de manera desplazada en lugar de coaxialmente con los motores centrales 12. La primera turbina de expansión 26 puede estar acoplada de modo accionador al árbol de salida 16 a través de un sistema de transmisión angular, por ejemplo perpendicular, que incluye, por ejemplo, una caja de cambios y un árbol en torre.

Los álabes de rotor 64 de la primera turbina de expansión 26 se extienden a través de una trayectoria de flujo 66 anular. En la realización mostrada, el rotor de la primera turbina de expansión 26 es un rotor axial y la trayectoria de flujo 66 se extiende axialmente. Aunque no se muestra, en todas las realizaciones, se pueden usar elementos de geometría variable, tales como álabes guías de entrada, válvulas de purga, compuertas de desagüe, etc., para obtener la capacidad de funcionamiento deseada del sistema.

El montaje 10 incluye un tubo de escape 68 para cada motor central 12. Cada tubo de escape 68 se extiende desde la lumbrera de escape 50 respectiva (véase también la figura 2) del motor central 12 respectivo hasta una parte de la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión, situada aguas arriba de los álabes de rotor 64, para proporcionar la comunicación de fluido entre los mismos.

La trayectoria de flujo 66 y/o la salida de cada tubo de escape 68 están conformadas para dirigir los pulsos de escape a los álabes 64 a fin de permitir que dichos pulsos de escape hagan girar el rotor de la primera turbina de expansión 26. Los tubos de escape 68 se extienden independientemente entre sí y tienen una longitud relativamente pequeña, lo que permite, en una realización particular, un mayor uso de la energía cinética de los pulsos de escape para accionar la primera turbina de expansión 26. La longitud de los tubos de escape 68 es suficientemente pequeña para que el cociente V_p/V_d entre el volumen interno V_p de cada tubo de escape 68 y el volumen de desplazamiento V_d del motor central 12 correspondiente sea como máximo 1,5; en otra realización particular, el cociente V_p/V_d es como máximo 1,2; en otra realización particular, el cociente V_p/V_d es como máximo 1,0.

Unos tubos de escape 68 más cortos pueden conducir a altas presiones en la salida del tubo de escape; una presión de flujo mayor causar una densidad mayor del flujo, lo que conduce a una velocidad de flujo menor; una velocidad de flujo menor puede conducir, a su vez, a una recuperación de energía menor en la primera turbina de expansión 26. Este efecto se compensa incluyendo una boquilla 70 en la parte de cada tubo de escape 68 que define la comunicación con la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión. La boquilla 70 está situada en el extremo de salida del tubo de escape 68, inmediatamente aguas arriba de la trayectoria de flujo 66. La boquilla 70 define el área en corte transversal mínima de cada tubo de escape 68. La sección transversal reducida del tubo de escape 68 definida por la boquilla 70 permite aumentar la velocidad de flujo a través de dicha boquilla 70, lo que permite, en una realización particular, obtener una recuperación de energía mejorada en la primera turbina de expansión 26 con respecto a un tubo de escape 68 de longitud y volumen similares, pero con una sección transversal constante por toda su longitud.

En la realización mostrada, las boquillas 70 y, por consiguiente, las comunicaciones entre los tubos de escape 68 y la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión están separadas alrededor de la dirección circunferencial de la primera turbina de expansión 26.

En la realización mostrada, el área en corte transversal de cada tubo de escape 68 es constante aguas arriba de la boquilla 70, por ejemplo en la parte 69 del tubo de escape 68 que se extiende desde su comunicación con la lumbrera de escape 50 hasta la boquilla 70, y esta área en corte transversal constante corresponde a la de la lumbrera de escape 50 del motor, conectada al tubo de escape 68. Alternativamente, el tubo de escape 68 puede tener un área en corte transversal diferente que la de la lumbrera de escape 50, y puede ser, por ejemplo, menor que la de la lumbrera de escape 50 correspondiente.

El cociente A_n/A_e entre el valor mínimo A_n del área en corte transversal de cada tubo de escape 68 en la boquilla 70 y el área en corte transversal A_e de la lumbrera de escape 50 correspondiente es como mínimo 0,2. En otras realizaciones, el cociente A_n/A_e puede ser como mínimo 0,4, como máximo 0,6, de 0,2 a 0,6, o de 0,4 a 0,6. En una realización particular, el cociente A_n/A_e es aproximadamente 0,5. Son posibles también otros valores.

Además, un tubo de entrada 72 está conectado a cada lumbrera de admisión 48 (véase también la figura 2), y si se dispone un turbocompresor, proporciona una comunicación de fluido entre la lumbrera de admisión 48 y la salida del compresor 20 (figura 1). Un tubo de turbina 80 se extiende desde la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión 26 aguas abajo de los álabes de rotor 64, y si se dispone un turbocompresor, proporciona una comunicación de fluido entre el escape de la primera turbina de expansión 26 y la entrada de la segunda turbina de expansión 22 (figura 1).

5 Por consiguiente, en una realización particular, el motor o motores de combustión interna 12 de la zona central de motores se componen disponiendo la primera turbina de expansión 26, acoplado de modo accionador cada motor 12 y la primera turbina de expansión 26 a una carga común, haciendo circular el gas de escape desde cada lumbrera de escape 50 a través de una primera parte 69 del tubo de escape 68 respectivo, por ejemplo que tiene la misma área en corte transversal A_e que la de la lumbrera de escape 50, y, a continuación, a través de la boquilla 70 que tiene un área en corte transversal A_n menor que la de la primera parte 69. El gas de escape se hace circular a continuación desde la boquilla hasta la entrada de la primera turbina de expansión 26, y se dirige a los álabes 64 de su rotor.

10 Las figuras 4-5 muestran ejemplos del efecto de la presencia de la boquilla 70 (área en corte transversal reducida) en la salida del tubo de escape 68. Las dos gráficas muestran la comparación entre dos montajes similares al montaje 10 descrito anteriormente, siendo los montajes idénticos, aparte de la configuración de sus tubos de escape 68. Ambos montajes incluyen tubos de escape que definen un cociente V_p/V_d de 0,8. En el primer montaje, los tubos de escape incluyen una boquilla en su extremo de salida que define un cociente A_n/A_e de 0,95, es decir, el área en corte transversal de los tubos de escape no se reduce sustancialmente en la conexión con la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión. En el segundo montaje, los tubos de escape incluyen una boquilla en su extremo de salida que define un cociente A_n/A_e de 0,48.

15 En la figura 4, se muestra la variación de presión con respecto al ángulo del cigüeñal del árbol de salida 16. Se puede ver que el pulso de presión estática P_1 del montaje con las boquillas de salida mayores (A_n/A_e de 0,95) es menor que el pulso de presión estática P_2 del montaje con las boquillas de salida menores (A_n/A_e de 0,48); con las boquillas mayores, sale más flujo del tubo al principio del pulso debido al área en corte transversal mayor y, por consiguiente, la formación de presión tiene menos pendiente.

20 En la figura 5, se muestra la variación de la velocidad de flujo (número de Mach - MN) en la salida del tubo de escape adyacente a la entrada de turbina o la comunicación con la trayectoria de flujo 66 de la primera turbina de expansión con respecto al ángulo del cigüeñal del árbol de salida 16. Se puede ver que el tiempo durante el que la velocidad del flujo está al valor máximo M_{MAX} (que corresponde, en una realización particular, a Mach 1) es mayor para el montaje con las boquillas de salida menores (A_n/A_e de 0,48), como se muestra por M_2 , que para el montaje con las boquillas de salida mayores (A_n/A_e de 0,95), como se muestra por M_1 . Así, la presencia del área en corte transversal reducida, como se define por las boquillas 70 menores, permite un aumento de la velocidad de flujo media en la entrada de la primera turbina de expansión. En una realización particular, la velocidad de flujo en la entrada M_2 de la turbina del montaje que incluye las boquillas de salida menores (A_n/A_e de 0,48) alcanza el valor máximo M_{MAX} de aproximadamente Mach 1 y un valor medio de aproximadamente Mach 0,8. Son posibles también otros valores. En una realización particular, el valor medio mayor de la velocidad de flujo proporciona un comportamiento mejor de la primera turbina de expansión 26, y la parte mayor del ciclo completo del ángulo del cigüeñal de 360 grados al valor máximo $M_n=1$ permite que los efectos transitorios del flujo pulsatorio en la turbina sean menos perturbadores y estén más próximos a una turbina de flujo constante, lo que puede producir un rendimiento mejor.

25 En una realización particular, las boquillas 70 crean velocidades de flujo equivalentes o mayores en los extremos de salida de tubos de escape cortos que las obtenidas en los extremos de salida de tubos de escape largos, que son suficientemente largos para evitar aumentos de presión que conducen a reducciones de la velocidad de flujo, mientras que se evitan las pérdidas de energía asociadas con la amortiguación de los pulsos de escape que se presentan por toda la longitud de tales tubos de escape largos.

30 Se supone que la descripción anterior es a modo de ejemplo solamente, y un experto en la técnica reconocerá que se pueden hacer cambios en las realizaciones descritas sin salirse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un montaje de motores compuesto (10), que comprende:

una zona central de motores que incluye al menos un motor de combustión interna (12), en donde cada motor de combustión interna (12) define una cavidad interna e incluye un rotor (34) recibido de manera selladora y rotatoria dentro de la cavidad interna para proporcionar cámaras rotatorias (40) de volumen variable en la cavidad interna, variando el volumen de cada una de las cámaras rotatorias (40) entre un volumen mínimo y un volumen máximo, con una diferencia entre los volúmenes máximo y mínimo que define un volumen de desplazamiento V_d , teniendo cada motor de combustión interna (12) una lumbrera de entrada (48) y una lumbrera de escape (50) en comunicación con la cavidad interna;

una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25, incluyendo la turbina un rotor (34) que incluye una agrupación circunferencial de álabes de rotor (64) que se extiende a través de una trayectoria de flujo (60); y

un tubo de escape (68) para cada motor de combustión interna (12), teniendo cada tubo de escape (68) un volumen de tubo V_p , proporcionando cada tubo de escape (68) una comunicación de fluido entre la lumbrera de escape (50) de uno respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12) y la trayectoria de flujo (60) de la turbina,

caracterizado por que:

cada tubo de escape (68) termina en una boquilla (70) que se comunica con una parte de la trayectoria de flujo (60) situada aguas arriba de los álabes de rotor (64);

en donde, para cada tubo de escape (68), el cociente V_p/V_d entre el volumen de tubo V_p y el volumen de desplazamiento V_d del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12) es como máximo 1,5; y

en donde el valor mínimo de un área en corte transversal de cada tubo de escape (68) está definido en la boquilla (70).

2. El montaje de motores compuesto (10) como se define en la reivindicación 1, en donde, para cada tubo de escape (68), el cociente A_n/A_e entre el valor mínimo A_n del área en corte transversal en la boquilla (70) y un área en corte transversal A_e de la lumbrera de escape (50) del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12) es como mínimo 0,2.

3. El montaje de motores compuesto (10) como se define en la reivindicación 1 o 2, en donde el cociente V_p/V_d es como máximo 1,0.

4. Un montaje de motores compuesto (10), que comprende:

una zona central de motores que incluye al menos un motor de combustión interna (12), en donde cada motor de combustión interna (12) define una cavidad interna e incluye un rotor recibido de manera selladora y rotatoria dentro de la cavidad interna para proporcionar cámaras rotatorias (40) de volumen variable en la cavidad interna, teniendo cada motor de combustión interna (12) una lumbrera de entrada (48) y una lumbrera de escape (50) en comunicación con la cavidad interna, teniendo cada lumbrera de escape (50) un área en corte transversal A_e ;

una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25, incluyendo la turbina un rotor que tiene una agrupación circunferencial de álabes de rotor (64) que se extiende a través de una trayectoria de flujo (66); y

un tubo de escape (68) para cada motor de combustión interna (12), proporcionando cada tubo de escape (68) una comunicación de fluido entre la lumbrera de escape (50) de uno respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12) y la trayectoria de flujo de la turbina,

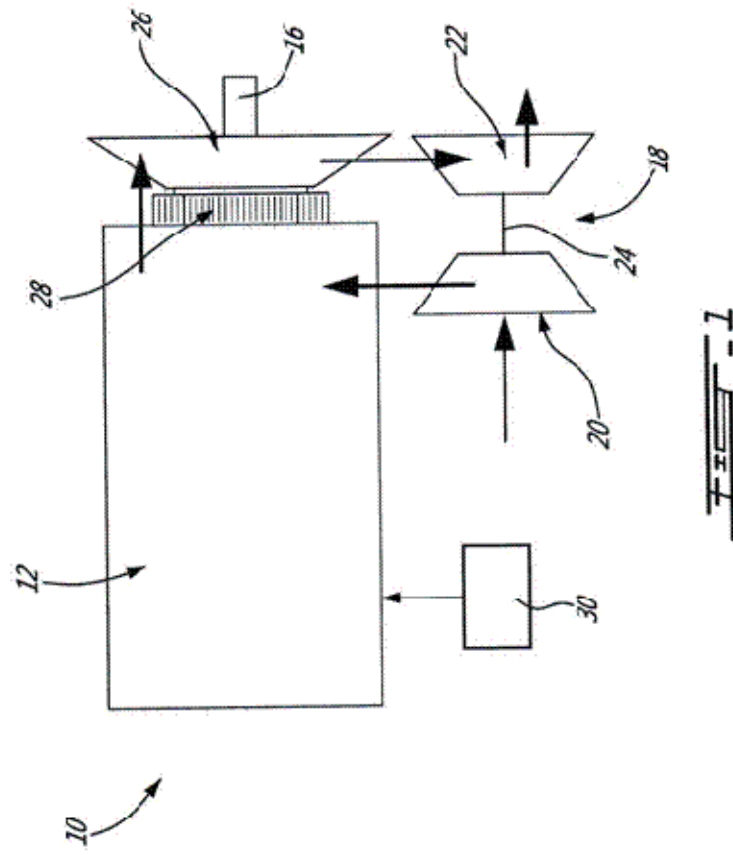
caracterizado por que:

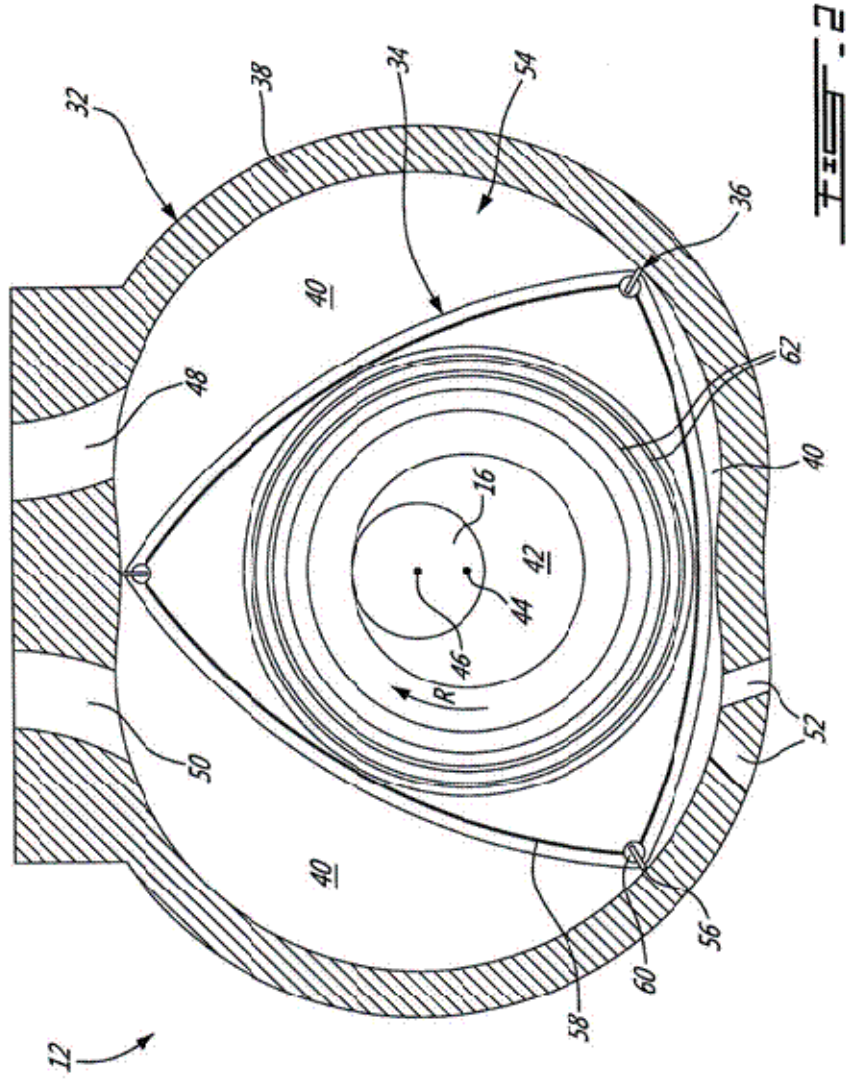
cada tubo de escape (68) termina en una boquilla (70) que se comunica con una parte de la trayectoria de flujo (60) situada aguas arriba de los álabes de rotor (64);

en donde, para cada tubo de escape (68), la boquilla (70) incluye una parte de área en corte transversal reducida con respecto al resto del tubo de escape (68), definiendo la boquilla (70) un área en corte transversal mínima A_n del tubo de escape (68); y

en donde, para cada tubo de escape (68), el cociente A_n/A_e entre el área en corte transversal mínima A_n y el área en corte transversal A_e de la lumbrera de escape (50) del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12) es como mínimo 0,2.

5. El montaje de motores compuesto (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde el cociente A_n/A_e es como máximo 0,6.
6. El montaje de motores compuesto (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde el cociente A_n/A_e es como mínimo 0,4.
- 5 7. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde el rotor (34) de la turbina y el rotor (34) de cada motor de combustión interna (12) están en acoplamiento accionador con una carga común.
8. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde el área en corte transversal de cada tubo de escape (68) aguas arriba de la boquilla (70) es constante.
- 10 9. El montaje de motores compuesto (10) como se define en la reivindicación 8, en donde el área en corte transversal de cada tubo de escape (68) aguas arriba de la boquilla (70) corresponde a un área en corte transversal de la lumbrera de escape (50) del respectivo de dicho al menos un motor de combustión interna (12).
10. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde cada motor de combustión interna (12) es un motor Wankel, en donde el rotor (34) tiene tres partes en vértice que separan las cámaras rotatorias (40) y montadas para realizar revoluciones excéntricas dentro de la cavidad interna, teniendo la cavidad interna una forma epitrocoide con dos lóbulos.
- 15 11. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde la turbina es una primera turbina de expansión (26), comprendiendo además el montaje (10) un turbocompresor (18) que incluye un compresor (20) y una segunda turbina de expansión (22) en acoplamiento accionador entre sí, estando una salida del compresor en comunicación de fluido con la lumbrera de entrada (48) de cada motor de combustión interna (12), y estando una entrada de la segunda turbina de expansión (22) en comunicación de fluido con una parte de la trayectoria de flujo (60) de la primera turbina de expansión (26) situada aguas abajo de los álabes de rotor de la primera turbina de expansión (26), teniendo la segunda turbina de expansión (22) un coeficiente de reacción basado en la presión mayor que el de la primera turbina de expansión (26).
- 20 12. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, en donde dicho al menos un motor de combustión interna (12) incluye unos motores de combustión interna primero y segundo (12), estando la boquilla (70) del tubo de escape (68) del primer motor de combustión interna (12) separada de la boquilla (70) del tubo de escape (68) del segundo motor de combustión interna (12) a lo largo de una dirección circunferencial de la turbina.
- 25 13. El montaje de motores compuesto (10) como se define en cualquier reivindicación precedente, que comprende además una fuente de combustible pesado en comunicación con cada motor de combustión interna (12).
- 30 14. Un método para componer al menos un motor rotativo, comprendiendo el método:
- disponer una turbina, configurada como una turbina de impulsión, que tiene un coeficiente de reacción basado en la presión como máximo de 0,25;
- 35 acoplar de modo accionador cada motor rotativo y la turbina a una carga común;
- hacer circular gas de escape desde una lumbrera de escape (50) de cada motor rotativo a través de una primera parte de un tubo de escape (68) respectivo que tiene una primera área en corte transversal y, a continuación, a través de una boquilla (70) del tubo de escape (68) respectivo que tiene una segunda área en corte transversal menor que la primera área en corte transversal; y
- 40 hacer circular el gas de escape desde la boquilla (70) hasta una entrada de la turbina, que incluye dirigir el gas de escape a los álabes (64) de un rotor (34) de la turbina.





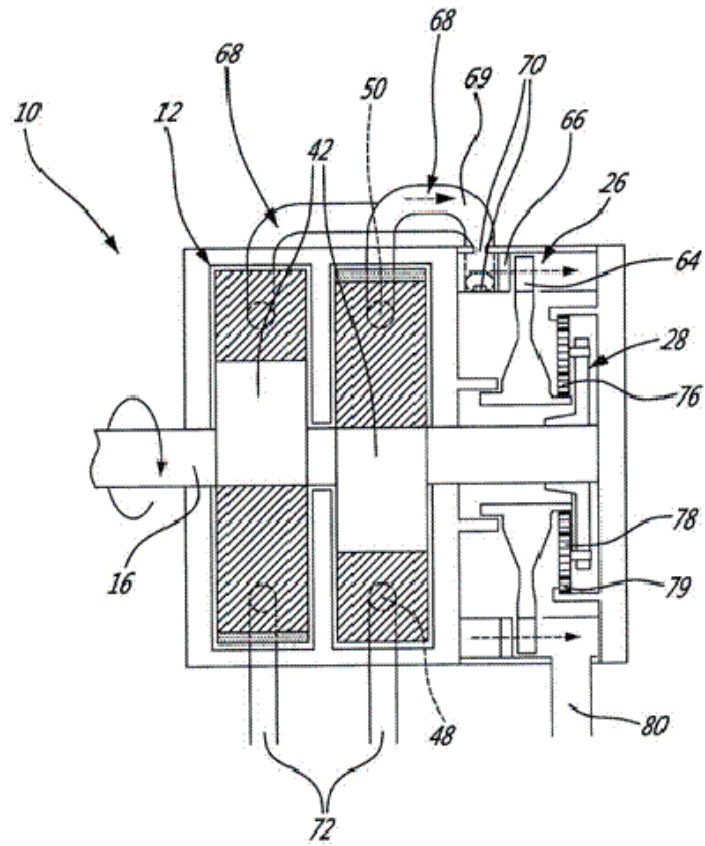
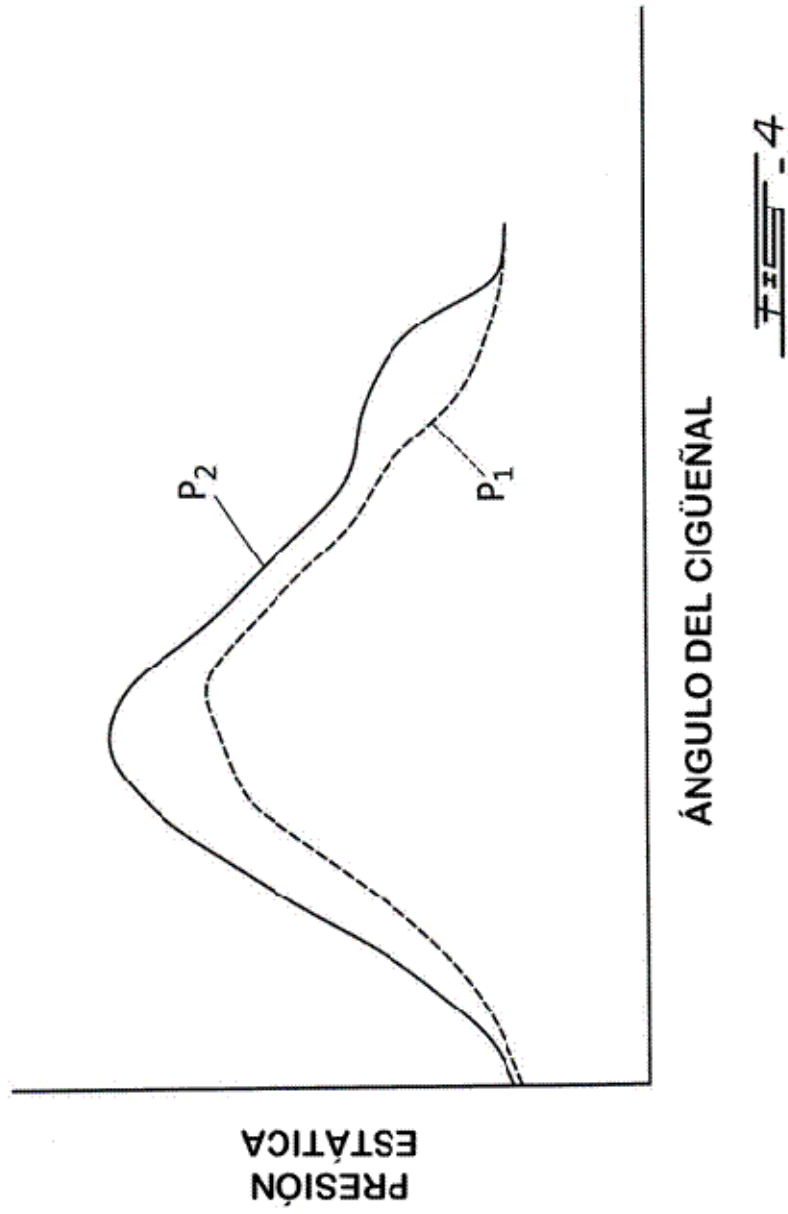
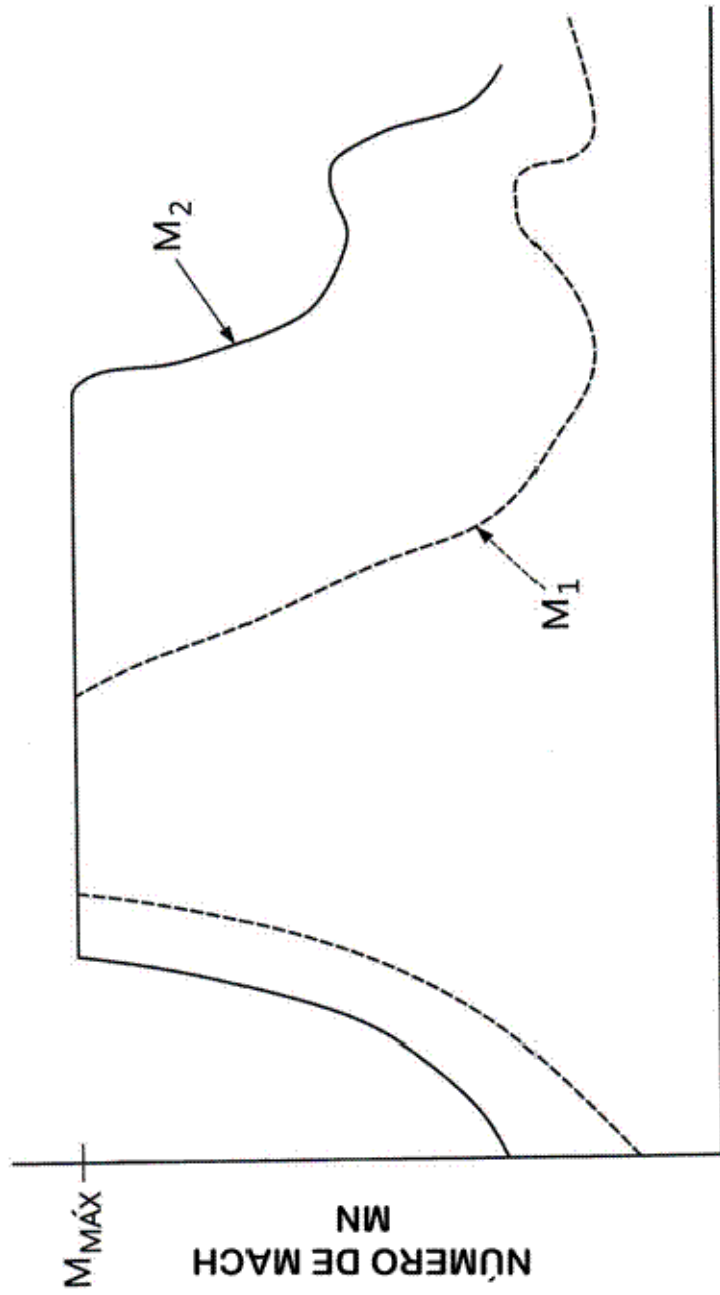


Fig. 3





ÁNGULO DEL CIGÜEÑAL

FEF-5